

CHARGED-BEAM EXPOSURE SYSTEM, APERTURE, CHARGED-BEAM EXPOSURE METHOD, METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE, METHOD OF MANUFACTURING PHOTO MASK, METHOD AND APPARATUS OF GENERATING EXPOSURE PATTERN DATA, AND EXPOSURE PATTERN

Publication number: JP2001274071

Publication date: 2001-10-05

Inventor: INENAMI RYOICHI; UMAGOE TOSHIYUKI

Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

Classification:


- international: H01J37/302; H01J37/30; (IPC1-7): H01L21/027; G03F1/08; G03F7/20; H01L21/82

- european: H01J37/302B2

Application number: JP20000087930 20000328

Priority number(s): JP20000087930 20000328

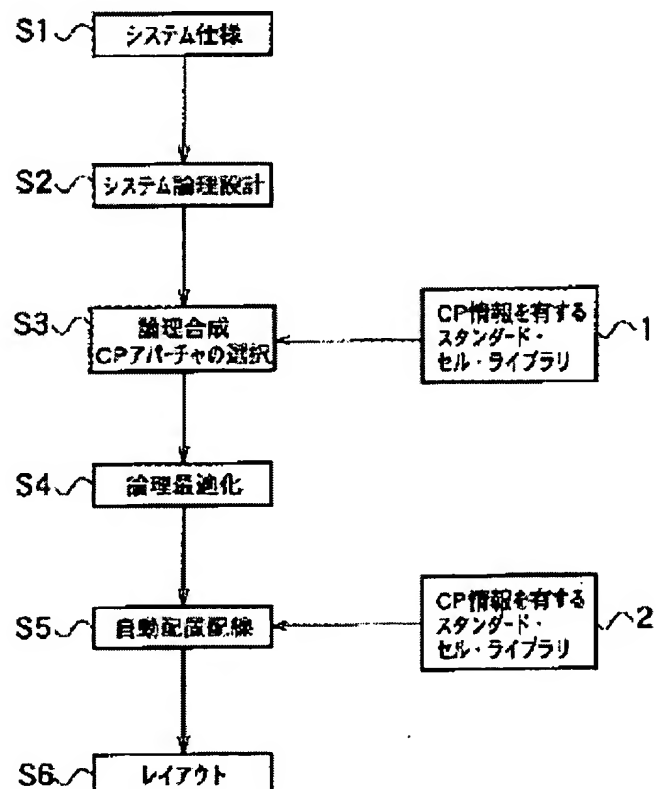
Also published as:

 US 2001028991 (A1)

Report a data error here

Abstract of JP2001274071

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a charged-beam exposure method by which character projection(CP) exposure can be performed even on an integrated circuit such as a logic product having a small number of repetitive patterns, an effect of improving a throughput can be obtained by performing the CP exposure, and charged-beam exposure data can be easily generated. **SOLUTION:** In the charged-beam exposure method by the CP method, the charged beam is shaped in a shape of a standard cell used for designing of a device by an aperture, and reduced irradiation and exposure is executed on a specimen. A cell which is frequently used or a cell with a higher effect of reducing the number of shots by performing CP exposure than by performing variable shaped beam exposure is selected as the standard. Then, the logic synthetic of an electronic circuit is operated by using the standard cell, and the standard cell is arranged and wired.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

• • •

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-274071

(P2001-274071A)

(43) 公開日 平成13年10月5日 (2001.10.5)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データコード*(参考)
H 0 1 L 21/027		C 0 3 F 1/08	A 2 H 0 9 J
G 0 3 F 1/08		7/20	5 0 4 2 H 0 9 J
7/20	5 0 4	H 0 1 L 21/30	5 4 1 B 5 F 0 5 6
H 0 1 L 21/82		21/82	5 4 1 J 5 F 0 6 4
			B
審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 20 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-87930(P2000-87930)

(22) 出願日 平成12年3月28日 (2000.3.28)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 稲浪 良市

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 馬越 俊幸

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外7名)

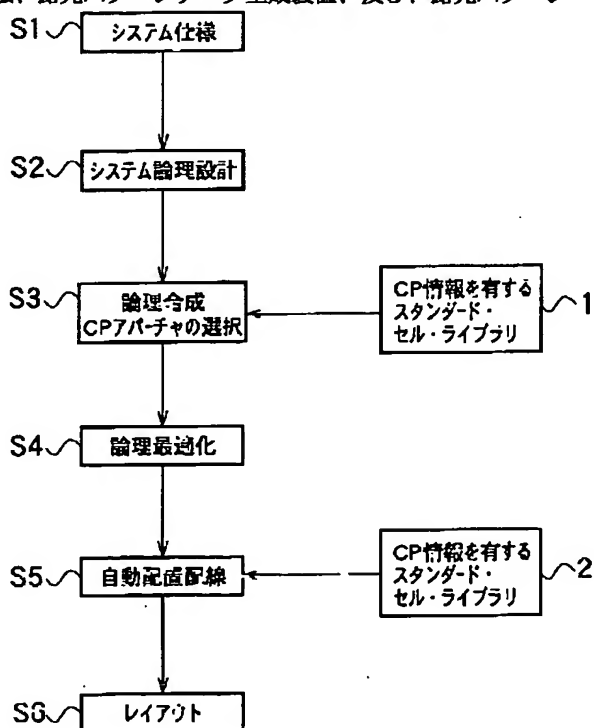
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電ビーム露光装置、アパーチャ、荷電ビーム露光方法、半導体装置の製造方法、フォトリソグラフィの製造方法、露光パターンデータ生成方法、露光パターンデータ生成装置、及び、露光パターン

(57) 【要約】

【課題】 ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもキャラクタ・プロジェクション (C P) 露光が行なえ、C P 露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる荷電ビーム露光方法を提供する。

【解決手段】 C P 方式の荷電ビーム露光方法において、荷電ビームをアパーチャによりデバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なう。このスタンダードセルには、使用頻度のより高い、あるいは、C P 露光を行なうことにより可変成形ビーム露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いセルを選択する。そして、このスタンダードセルを用いて電子回路の論理合成とこのスタンダードセルの配置配線を行なう。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有することを特徴とするアパーチャ。

【請求項2】 前記透過孔は、使用頻度のより高い前記スタンダードセル、あるいは、キャラクタ・プロジェクション（CP）露光を行なうことにより可変成形ビーム（VSB）露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いスタンダードセルの形状であることを特徴とする請求項1に記載のアパーチャ。

【請求項3】 前記アパーチャがVSB用開口部を有することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のアパーチャ。

【請求項4】 荷電ビームをアパーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なうCP方式の荷電ビーム露光装置において、前記アパーチャが、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有することを特徴とする荷電ビーム露光装置。

【請求項5】 前記透過孔は、使用頻度のより高い前記スタンダードセル、あるいは、CP露光を行なうことによりVSB露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いスタンダードセルの形状であることを特徴とする請求項4に記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項6】 前記アパーチャがVSB用開口部を有することを特徴とする請求項4又は請求項5に記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項7】 荷電ビームをアパーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なうCP方式の荷電ビーム露光方法において、前記形状が、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔であることを特徴とする荷電ビーム露光方法。

【請求項8】 前記スタンダードセルが、使用頻度のより高い、あるいは、CP露光を行なうことによりVSB露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いことを特徴とする請求項7に記載の荷電ビーム露光方法。

【請求項9】 アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いて電子回路の論理合成を行なう工程と、前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行なう工程とを含むことを特徴とする露光パターンデータ生成方法。

【請求項10】 前記情報は、前記スタンダードセルのセル名と、前記スタンダードセルの前記アパーチャ上での配置位置と、前記スタンダードセルの信号入出力位置と、前記スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーション

ンで用いるパラメータとを含むことを特徴とする請求項9に記載の露光パターンデータ生成方法。

【請求項11】 前記論理合成を行なう工程が、CP露光に使用する前記アパーチャを決定する工程と、CP露光を行なう前記スタンダードセルを決定する工程とを含むことを特徴とする請求項9又は請求項10に記載のパターンデータ生成方法。

【請求項12】 アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いて、CP露光に使用する前記アパーチャとCP露光を行なう前記スタンダードセルを決定し、電子回路の論理合成を行なう論理合成手段と、前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行なう配置配線手段とを有することを特徴とする露光パターンデータ生成装置。

【請求項13】 前記情報は、前記スタンダードセルのセル名と、前記スタンダードセルの前記アパーチャ上での配置位置と、前記スタンダードセルの信号入出力位置と、前記スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含むことを特徴とする請求項12に記載の露光パターンデータ生成装置。

【請求項14】 前記CP露光を行なう前記スタンダードセル以外の部分をVSB露光用のデータに変換する変換手段とを有することを特徴とする請求項12又は請求項13に記載の露光パターンデータ生成装置。

【請求項15】 アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わり、前記スタンダードセルのセル名と、前記スタンダードセルの前記アパーチャ上での配置位置と、前記スタンダードセルの信号入出力位置と、前記スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含むことを特徴とするコンピュータに露光パターンデータを生成させるためのデータを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項16】 半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて前記半導体装置の論理合成を行なう工程と、前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行なう工程と、荷電ビームを前記スタンダードセルの形状に成形し、半導体基板上に縮小照射・露光を行ない前記配置配線を行なう工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項17】 半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて前記半導体装置の論理合成を行なう工程と、前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行

なう工程と、荷電ビームを前記スタンダードセルの形状に成形し、フォトマスク基板上に照射・露光を行ない前記配置配線を行なう工程とを有することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子やイオンの荷電ビームを用いる半導体装置やフォトマスクの微細なパターンの生成方法に関し、特に、キャラクタプロジェクション（CP）方式の荷電ビーム露光に関するものである。

【0002】

【従来の技術】電子ビーム露光技術は、光リソグラフィでは作製できないようなサブマイクロメートル以下の微細パターンの加工を行なうことができるため、ますます微細化、高集積化、複雑化が求められる半導体の加工技術には欠かせないものとなりつつある。しかし、代表的な電子ビーム露光方法である可変成形ビーム（VSB）露光においては、露光を行なうパターン形状によらずマスクを必要としないが、パターンを多数の微細な矩形ショットに分割して露光を繰り返すため、露光にかかる時間が長くなり、スループットが得られないという欠点がある。

【0003】スループットを高めるために、ある程度の大きさのパターンを一括してショットできるキャラクタ・プロジェクション（CP）露光技術が開発されている。これは図14に示すように、電子ビーム41を矩形に成形し、CPアパーチャ50上に形成した複数のキャラクタ形状のビーム透過孔49から所望のキャラクタを選択して、電子ビーム41を所望のキャラクタ形状に成形し、基板37の所望の部分に縮小して照射する方式である。

【0004】図14では、CPアパーチャ50上に4種類のキャラクタを配置し、そのうちの一つを選択しているところを示している。このキャラクタの場合、VSB露光を行なうと、キャラクタを5個の微小長方形に分割し、5回の露光を順次繰り返すことになるが、CP露光では、一度の露光で行なえるため、電子ビームのショット回数は1/5に減少させることができる。また、CP露光を行なえないパターン（CPアパーチャ上に配置されていないキャラクタ）については、従来どおりVSB露光を行なうため、CPアパーチャ50上にVSB用の透過窓も設けている。

【0005】露光時に選択できるキャラクタの数は、キャラクタ選択用の偏向器43の偏向領域内に配置できる数が上限となる。キャラクタの大きさは試料上に露光する大きさの数倍～数十倍にアパーチャ上に加工されるため、現在の露光装置では数個～百個程度のキャラクタしかCP露光で使うことができない。したがって、こ

れまでは、メモリセルのような繰り返し露光を行なう回数が多いものについてはCP露光を行うが、その他のパターンはCP露光が行えず、時間はかかるがVSB露光で行なうしかなかった。

【0006】また、特定用途向きIC（ASIC）やシステムLSIなどのロジック製品においては、メモリよりもはるかに多くの種類のパターンが使われている。それらに対してCP露光を行なおうとして、CP露光を行なえるキャラクタの上限数までCPアパーチャ上にパターンを並べても、どのパターンをキャラクタ化するかによって、ロジック製品毎の電子ビームのショット回数が変わってしまう。そして、ロジック製品によっては、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られなくなる場合があった。

【0007】ASICなどのロジック製品のレイアウト（パターンの生成）は、図15のようなフローで作成される。

【0008】まず、ステップS31で製品のシステム仕様を決定する。次に、ステップS32で論理式での設計記述をする。ステップS33では論理合成システムを使いゲートレベルの設計記述を生成する。

【0009】ステップS33の論理合成では、論理式で記述されたシステムを、従来のスタンダードセルライブラリ51に含まれるセルパターンの接続（ネットリスト）に変換する。この時のセルパターンの選択は、セルの機能、及び抵抗や容量などから計算した信号伝達のタイミングなどから、適当なものが選択される。図16にネットリストを示す。スタンダードセル53乃至58は、セル名であるAN2、EO、FA1によって区別される。スタンダードセル53乃至58が配線で接続され、全体としていわゆる集積回路として機能する。次に図15のステップS34の論理最適化で論理シミュレーション・タイミング解析を行ない、違反があった所などの回路の修正を行なう。その後、ステップS35で自動配置配線ツールを用いて、実レイアウトパターンを生成する。このとき、自動配置配線（P&R）ステップS35では、従来のスタンダードセルライブラリ52を参照し、ネットリストのセル名に対応した各スタンダードセルを配置する。図17はスタンダードセルのゲートレベルのレイアウトである。なお、以後の説明ではゲート・レイヤーを電子ビームで露光することとする。これは説明の重複を避け明確にするためである。図17（a）がAND（AN2）回路、（b）がDフリップフロップ（F/F）回路、（c）がインバータ（IV）のレイアウトであり、ライブラリ52に記憶されている。自動配置配線のステップS35では、論理回路が実現できるように図17のようなスタンダードセルのレイアウトを図18（a）のように基板又はフォトマスクを想定した領域65に列べる。最後にそれぞれのスタンダードセル間の配線を自動で行い、従来のレイアウトが完成する。

【0010】このレイアウトを基に露光を行うには、図19の様にレイアウトである従来のパターンデータ70を電子ビーム露光データ75に変換する必要がある。そのためにまず、CP露光を行うキャラクタの抽出を行う。従来は、図18(a)のレイアウトを眺めて同一のキャラクタ61乃至64を発見し、この図18(b)のキャラクタをCP露光を行うキャラクタとして選んでいた。この選ばれたキャラクタはCP露光データ74に変換され、選ばれなかったパターンデータはVSB露光データ73に変換された。

【0011】半導体集積回路毎にパターンデータが生成されると、集積回路毎にCP露光キャラクタの抽出の工程とVSB露光データとCP露光データへのパターンデータの分割の工程が必要で、多大な時間と労力を要していた。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる荷電ビーム露光装置を提供することにある。

【0013】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できるアパーチャを提供することである。

【0014】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる荷電ビーム露光方法を提供することである。

【0015】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる半導体装置の製造方法を提供することである。

【0016】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できるフォトマスクの製造方法を提供することである。

【0017】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンデータ生成方法を提供することである。

【0018】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行な

え、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンデータ生成装置を提供することである。

【0019】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンを生成するためのデータを記録した記録媒体を提供することである。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第1の特徴は、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有するアパーチャであることである。ここで、「スタンダードセル」とは、セルライブラリ内で定義されているパターンのことである。「荷電ビーム」とは、電子ビームとイオンビームのことである。「アパーチャ」とは、荷電ビームの絞りのことである。このことにより、特に特定用途向きIC(ASIC)やシステムLSIなどのロジックデバイスを作製する場合においては、設計の際に用いられるセルライブラリ内で定義されているパターン(スタンダードセル)の形状を電子ビーム透過窓としてアパーチャ上に作製しておき、CP露光を行なうキャラクタとすることにより、従来よりも高スループットの電子ビーム露光を実現する。さらに、スタンダードセルをCP露光を行なうキャラクタとすることにより、充分に電子ビームのショット数を削減することができるため、スループットの向上を行なうことができる。

【0021】本発明の第1の特徴は、透過孔が、使用頻度のより高いスタンダードセル、あるいは、CP露光を行なうことによりVSB露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いスタンダードセルの形状であることにより一層効果的である。このことにより、セルライブラリ内のスタンダードセルは、製品ごとにも変わるものではなく、複数の製品について共通に使われるため、製品が変わる度に、リソグラフィを行なうためのマスクを作製する必要がなく、低コストであり、かつ、設計パターンデータの入手後すぐに露光にとりかかることができる。また、CPアパーチャ上に配置することができるキャラクタ数が限られていて、全てのスタンダードセルをCP露光を行なうキャラクタ化することが出来ないような場合でも、複数の製品でのスタンダードセルのCP化効率を調べることにより、スタンダードセルライブラリ内のどのスタンダードセルをCP露光で露光するのが、複数の製品で同じCPアパーチャを使用して露光を行なったときに、効果的にショット数を削減できるのかを調べることができ、複数のロジック製品間で使用することができるCPアパーチャを作製することができる。

【0022】本発明の第1の特徴は、アパーチャがVSB用開口部を有することにより一層効果的である。この

ことにより、1つの半導体装置に対してCP露光とVSB露光を併用できる。特に、使用回数の少ないスタンダードセルや、ショット数削減の効果の小さいスタンダードセルをVSB露光で処理することにより、スループットを著しく落とすことなくCPアパーチャ上に配置するキャラクタ数を抑えることができる。

【0023】本発明の第2の特徴は、荷電ビームをアパーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なうCP方式の荷電ビーム露光装置において、アパーチャが、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有する荷電ビーム露光装置であることである。このことにより、CP露光を行なうキャラクタに割り当てるスタンダードセルは、ロジック製品の世代が変わるまでは大幅な変更はなく、これらをCPアパーチャ上に並べて作製したCPアパーチャは、複数のロジック製品間で共通して使うことができる。そのため、同じスタンダードセルライブラリを用いて設計したロジック製品であれば、常に同じCPアパーチャを使用することができるため、設計パターンのレイアウトデータを作成できたら、すぐに電子ビーム露光に取りかかることができる。複数のロジック製品間で、使われているスタンダードセルの傾向が大幅に異なる場合に対応するために、複数のCPアパーチャを作製しておき、各ロジック製品の電子ビーム露光を行なうときに、CPアパーチャを入れ換える、または、別の偏向領域にあるCPアパーチャを選択する、などの方法を取ることもでき、より多くのロジック製品に対応することが可能となる。

【0024】本発明の第3の特徴は、荷電ビームをアパーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なうCP方式の荷電ビーム露光方法において、所望の形状が、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔である荷電ビーム露光方法であることである。このことにより、本提案によるロジック製品のレイアウトパターンデータは、始めからCP露光を行なうスタンダードセルが決められているため、パターンデータからCP露光を行なうキャラクタの抽出を行なう必要もなく、また、既にある汎用CPアパーチャの使用を前提としているので、製品ごとにCPアパーチャを作製する必要もないため、マスク製作のコストを削減することができ、そして、パターンデータの生成後、すぐ電子ビーム露光を行なうことができるため、製品を発注してから出来上がるまでの時間を短縮することが可能である。

【0025】本発明の第4の特徴は、アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いて電子回路の論理合成を行なう工程と、その情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう工程とを含む露光パターンデータ生成方法であることである。このことにより、CP露光を行なうキャラクタをスタン

ダードセルとしてライブラリ化し、設計時にはこれらのキャラクタからパターン選択することにより、設計を容易にすると共に、電子ビーム露光を行なうためのデータ変換にかかる時間も短縮することができる。また、ASICなどのロジック製品の設計段階で電子ビーム露光を考慮したパターンデータを生成することができ、適切なCPアパーチャを使用することにより、最高のスループットが得られることが、設計段階で確認できる。また、新しいCPアパーチャを作製する必要があるとわかった場合は、使用するスタンダードセルが確定した時点でCPアパーチャの作製に取りかかることができるため、CPアパーチャを作製する場合でも開発期間を短縮することができる。

【0026】本発明の第4の特徴は、そのスタンダードセルに係わる情報が、スタンダードセルのセル名と、スタンダードセルのアパーチャ上での配置位置と、スタンダードセルの信号入出力位置と、スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含むことにより一層効果的である。このことにより、この情報、および、汎用CPアパーチャを使用することにより、データサイズの巨大化を防ぐために、CP露光を行なうスタンダードセルのポリゴンデータを省略することができる。したがって、この方法でファイルサイズを小さくしたパターンデータに対しては、インターネットなどのネットワークを使用した設計データのダウンロードや、アップロードなどが短時間でなうことができ、社外からの発注や、社外でのプロセスなど、これまで困難であったことも、比較的容易に行なうことができるようになる。

【0027】本発明の第4の特徴は、論理合成を行なう工程が、CP露光に使用するアパーチャを決定する工程と、CP露光を行なうスタンダードセルを決定する工程とを含むことにより効果的である。このことにより、論理合成を行なう工程でCP露光を行なうスタンダードセルが決められているため、パターンデータからCP露光を行なうキャラクタの抽出を行なう必要もなく、また、論理合成を行なう工程で決定したCPアパーチャの使用を前提としているので、パターンデータの生成後、すぐ電子ビーム露光を行なうことができるため、製品を発注してから出来上がるまでの時間を短縮することが可能である。

【0028】本発明の第5の特徴は、アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いてCP露光に使用する前記アパーチャとCP露光を行なうスタンダードセルを決定し電子回路の論理合成を行なう論理合成手段と、その情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう配置配線手段とを有する露光パターンデータ生成装置であることである。このことにより、特に特定用途向きIC(ASIC)やシステムLSIなどのロジックデバイスを作製する場合において

は、設計の際に用いられるセルライブラリ内で定義されているパターン（スタンダードセル）の形状を電子ビーム透過窓としてアパーチャ上に作製しておき、ＣＰ露光を行なうキャラクタとすることにより、従来よりも高スループットの電子ビーム露光を実現する。さらに、スタンダードセルをＣＰ露光を行なうキャラクタとすることにより、充分に電子ビームのショット数を削減することができるため、スループットの向上を行なうことができる。

【００２９】本発明の第５の特徴は、ＣＰ露光を行なうスタンダードセル以外の部分をＶＳＢ露光用のデータに変換する変換手段を有することにより効果的である。このことにより、ＣＰ露光とＶＳＢ露光との併用が可能になる。

【００３０】本発明の第６の特徴は、アパーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わり、スタンダードセルのセル名と、スタンダードセルのアパーチャ上での配置位置と、スタンダードセルの信号入出力位置と、スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含む電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリを用いて露光パターンを生成させるためのデータを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であることである。ここで、「記録媒体」としては、例えば半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、磁気テープなどのプログラムを記録できるような媒体が含まれる。このことにより、データサイズの巨大化を防ぐために、ＣＰ露光を行なうスタンダードセルのポリゴンデータを省略することができる。したがって、この方法でファイルサイズを小さくしたパターンデータに対しては、インターネットなどのネットワークを使用した設計データのダウンロードや、アップロードなどが短時間でなうことができ、社外からの発注や、社外でのプロセスなど、これまで困難であったことも、比較的容易に行なうことができるようになる。

【００３１】本発明の第７の特徴は、半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて半導体装置の論理合成を行なう工程と、スタンダードセルに係わる情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう工程と、荷電ビームをスタンダードセルの形状に成形し半導体基板上に縮小照射・露光を行ない配置配線を行なう工程とを有する半導体装置の製造方法であることである。このことにより、半導体装置の製造の際の露光の工程でＣＰ露光が可能になる。

【００３２】本発明の第８の特徴は、半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて半導体装置の論理合成を行なう工程と、その情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう工程と、荷電ビームをスタンダードセルの形状に成形しフォトマスク基板上に照射・露光を行ない配置配線を行なう工程とを有するフォトマスクの製造方法であることである。このことにより、半導体装

置の製造の際の露光の工程で使用するフォトマスクが迅速に製造できる。

【００３３】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、現実のものとは異なることに留意すべきである。また図面相互間においても互いの寸法の関係や比率の異なる部分が含まれるのはもちろんである。

【００３４】図１は本発明に係る荷電ビーム露光装置の概念的な構成図である。本発明に係る荷電ビーム露光装置は、電子ビーム４１を発生させる電子銃４０と、電子ビーム４１を矩形に成形する第１成形アパーチャ４２と、矩形の電子ビーム４１を偏向して望みのスタンダードセル形状の電子ビーム成形孔４に照射するキャラクタ選択偏向器４３と、成形孔４とＶＳＢ用の開口７を有するＣＰアパーチャ４４又はＣＰアパーチャブロックと、成形孔４で成形された電子ビーム４０を縮小する縮小レンズ４５と、電子ビーム４１を偏向して基板４７上の望みの位置にスタンダードセル形状の電子ビーム４１を照射する対物偏向器４６とで構成される。ＣＰアパーチャ４４上には４種類のスタンダードセル形状の電子ビーム成形孔４を配置し、そのうちの一つを選択しているところを示している。この成形孔４のキャラクタの場合、ＶＳＢ露光を行なうと、キャラクタを数十個の微小長方形に分割し露光を順次繰り返すことになるが、ＣＰ露光では、スタンダードセル毎に一度の露光で行なえる。また、ＣＰ露光を行なえないパターン（ＣＰアパーチャ上に配置されていないキャラクタ）については、従来どおりＶＳＢ露光を行なうため、ＣＰアパーチャ４４上にＶＳＢ用の透過窓７も設けている。

【００３５】ＡＳＩＣに代表されるロジック製品の設計パターンは、図２のようなフローで作成される。今回は、各工程でのシミュレーションやタイミング解析などは特に関係ないため省略した。ステップＳ１で製品のシステム使用を決定したら、それに対してステップＳ２のシステム論理設計で論理式での設計記述をする。そして、ステップＳ３の論理合成とＣＰアパーチャの選択において、論理合成システムを使いゲートレベルの設計記述を生成する。ステップＳ３では、論理式で記述されたシステムを、ＣＰ情報を有するスタンダードセルライブラリ１に含まれるセルパターンの接続（ネットリスト）に変換する。この時のセルパターンの選択は、セルの機能、及び抵抗や容量などから計算した信号伝達のタイミングなどを参考にして、適当なものが選択される。

【００３６】次に、ステップＳ４の論理最適化で論理シミュレーション及びタイミング解析を行ない、違反があった所などの回路の修正を行なう。その後、ステップＳ５の自動配置配線で、自動配置配線ツールを用いて、実

レイアウトパターンを生成する。自動配置配線 (P & R) では、CP 情報を有するスタンダードセルライブラリ 2 を参照し、ネットリストに対応した各スタンダードセルを配置し、(ゲートレベルの設計記述に対応した各スタンダードセルを配置し、) それぞれのスタンダードセル間の配線を自動で行なう。そして、ロジック製品のレイアウトである設計パターンが完成する。

【0037】スタンダードセルは、論理合成のための情報、回路配置のための情報と CP 情報を有している。論理合成のための情報は図 2 のライブラリ 1 で引き出されるデータであり、例えばセルの大きさ、機能、性能などである。回路配置のための情報は図 2 のライブラリ 2 で引き出されるデータであり、例えば回路のゲートレイヤーの具体的な形、配線が接続される入出力の位置などである。CP 情報には、このセルがどの CP アパーチャのどこに配置されているかが記載されている。したがって、セルによっては複数のアパーチャに配置されている場合もあるし、アパーチャに配置されておらず CP 情報が無い場合もある。

【0038】すなわち、作成された設計レイアウトパターン・データは、パターンが大規模になるにしたがって、セルの階層構造ができていく。CP 露光を行なう部分は、ゲート・レイヤーなどでは、すべてそれぞれのスタンダード・セル単位となるため、例えば、一般的に使われる GDS II STREAM 形式のパターンデータであっても、CP 露光を行なうスタンダードセルを配置している位置だけがわかればよい。そのため、そのまま使用することができる。

【0039】図 3 は CP 情報を有するスタンダードセルライブラリ 1 と 2 を用いた ASIC 製品の設計パターンのデータ構造を示している。図 2 のライブラリ 1 とライブラリ 2 はそれぞれから取り出されるデータが異なるので分けて表記したが、記録される領域は同じで 2 つのライブラリを総称してスタンダードセルライブラリと呼んでもかまわない。これによると、この ASIC 製品を構成する複数の機能ブロックが、それぞれ、数多くのスタンダードセルにより構成されていることが分かる。それらスタンダードセルについても、論理合成をしたときに参照したスタンダードセルライブラリは同じでも、露光の際に使用すると仮定した CP アパーチャによっては、図 3 のように、CP 情報を有するものと、CP 情報をもたないものが存在することになる。

【0040】そして、さらに設計の簡便さと、作成したレイアウトパターン・データからの各電子ビーム露光装置内の露光データへの変換を簡略にして、変換にかかる時間を短縮するためにも、電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリを新たに作成し、これを用いた自動 P & R、そしてレイアウト・データの生成を行なうことが望ましい。この電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリとは、ライブラリ内のどのスタンダードセルが

CP 露光を行なうキャラクタとなっているのか、その CP アパーチャ上での位置がわかるようになっていけばよい。すなわち、前記 CP 情報を付加すればよい。

【0041】図 4 は、電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリのデータ構造を示している。このデータ構造には、スタンダードセル毎に、セルがアパーチャ上のセルか否かの情報が納められる。さらに、アパーチャ上のセルであれば、そのアパーチャ上の位置情報、信号入出力位置の情報と集積回路のシミュレーションに使用するセルの機能と性能を示すパラメータの情報と、アパーチャに無いセルであれば、セルの詳細なレイアウトと上記パラメータの情報とが納められる。

【0042】スタンダードセルライブラリは、一般に数百のスタンダードセルで構成される。通常の ASIC 製品の設計は、これらスタンダードセルの自動 P & R により行なわれ、大規模のものも、各機能ブロックごとに自動 P & R を行ない統合する階層設計が適用される。

【0043】したがって、このような手法で設計した ASIC 製品のパターンは、大部分がスタンダードセルで構成され、セル内のレイヤーについては、各スタンダードセル内でのみ定義されている。これに対して、これら各スタンダードセルをつなぐ自動 P & R で配線されるパターンは、スタンダードセル内では定義されておらず、セルの入出力の位置の情報を用いて生成される。

【0044】すなわち、ゲートレイヤーなどのスタンダードセル内にしかないパターンの露光を CP 方式の電子ビーム露光により行なう場合は、スタンダードセルライブラリ内で定義されているスタンダードセルのひとつひとつをそれぞれ CP 露光を行なうキャラクタとしてやれば、すべてのパターンを CP 露光により作製することができることになることがわかる。

【0045】次に、CP アパーチャを参照したスタンダードセルライブラリを用いたロジック製品の回路パターンの設計とレイアウトパターンデータの作成方法について説明する。電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリは、図 3 のように階層構造になっている。すなわち、パターンが大規模になるにしたがって、使用するスタンダードセルの種類および使用回数は多くなり、セルの階層構造が作られて行く。CP 露光を行なう部分は、すべてそれぞれのスタンダードセル単位となる。CP 露光を行なうスタンダードセルを配置している位置だけがわかればよい。そのため、ライブラリをそのまま使用することができる。

【0046】そして、異なる製品に対して異なる CP アパーチャを選択して CP 露光を行なう場合には、どの CP アパーチャ上に、各スタンダードセルが形成されているものかも情報として持っているため、以下のようなパターン設計を行なうことができる。

【0047】図 5 のような、複数のキャラクタ選択偏向領域に対応したアパーチャブロック 3 をもち、異なった

スタンダードセルの使用傾向のロジック製品の電子ビーム露光の際に、異なるアパーチャブロック3内のスタンダードセル4を選択することができるように、CPアパーチャ5を機械的に移動させる機構を露光装置に持たせておくことも可能である。このように、CPアパーチャ5上に複数のアパーチャブロック4を有する場合、あるいは、複数の製品に対応したCPアパーチャが複数ある場合は、

(1) 電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリを用いた自動P&Rを行なう。

【0048】(2) 選択したスタンダードセルがどのCPアパーチャ及びアパーチャブロック上にCP露光を行なうキャラクタとした形成されているかを調べ、電子ビームのショット回数が最も少なくなるようなCPアパーチャ及びアパーチャブロックを選択する。

【0049】(3) 選択したCPアパーチャ上に形成されているスタンダードセルに対しては、パターンデータとしてCPアパーチャ上のそのスタンダードセルの位置を、また、それ以外のスタンダードセルに対しては、VSB露光を行なうため、従来どおり、パターンのポリゴンデータを出力する。

【0050】また、汎用CPアパーチャを一種類しか持っていない場合、あるいは、何らかの理由により予め使用するCPアパーチャを複数の中から、あるCPアパーチャ及びアパーチャブロックを選択してCP露光を行なう場合は、

(1) そのアパーチャ内に構成されているスタンダードセルを優先的に自動配置する。

【0051】(2) (1) のスタンダードセルについてはCPアパーチャ及びアパーチャブロック上の配置位置を、それ以外のパターンは、VSB露光用にポリゴンデータを出力する。

【0052】ライブラリ内では、すべてそれぞれのスタンダードセル内でパターンの形状6が定義されている。CP露光を行なうキャラクタを各スタンダードセル単位とする。各CP露光を行なうスタンダードセルは、そのパターンの形状6を図6のように、CPアパーチャブロック3上で定義されており、パターンデータ内では、各セルのチップ上への配置位置がわかればよい。

【0053】スタンダードセル形状のCPアパーチャを用いてCP方式の電子ビーム露光を行なう場合に、CP情報を有する電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリを用いた、電子ビーム露光に適したパターンデータの生成方法について説明する。この生成方法は図2のステップS3乃至S5に該当するもので、特に、ステップS3の論理合成の方法に関するものである。

【0054】図7に、電子ビーム露光用パターンデータ生成のフローチャートを示す。また、各ステップの説明でアパーチャとあるのは、偏向領域ひとつ分に対応したアパーチャブロックと同等であり、CPアパーチャ上に

複数のアパーチャブロックがある場合は、ひとつひとつのアパーチャブロックのことを指す。

【0055】まずステップS11において、図2で示した論理設計において記述された論理式の論理合成を、あるCPアパーチャを用いて露光することを仮定し、CP露光を行なうセル、すなわちCPアパーチャ上にあるスタンダードセルのみを用いて行なう。このとき、合成した電子回路の面積や、動作周波数などを設計制約条件として指定する。

【0056】ステップS12では、すべてのCPアパーチャに対してステップS11の論理合成を行うまでステップS11に繰り返す。

【0057】ステップS13において、ステップS11およびS12で合成したネットリストのうち、指定した制約条件を満足するものを抽出する。すなわち、使用することができるCPアパーチャの候補を抽出する。

【0058】ステップS14では、CPアパーチャ上のセルだけで論理合成した場合に、条件を満足するようなCPアパーチャがあるか否かを判断する。満足するCPアパーチャがあればステップS15へ進み、なければステップS17へ進む。

【0059】ステップS15において、使用することができるCPアパーチャのうち、電子ビームショット数が最も少なくなるCPアパーチャを選択する。

【0060】ステップS16において、ステップS15で選択したCPアパーチャに対して論理合成をしたネットリストを用いてP&Rを行ない、パターンデータを生成して、このフローを終了する。ここで生成したパターンデータに対して、選択したCPアパーチャを用いて電子ビーム露光を行なうと、すべてのパターンをCP露光により形成することができる。

【0061】一方、ステップS17に進むと、ステップS14で既存のCPアパーチャを用いてCP露光のみでパターンを形成することができないと判断されたわけなので、CPアパーチャ上のセルのみを用いるという制限をなくして、再度論理合成を行なう。

【0062】ステップS18において、ステップS17で合成したパターンについて、各CPアパーチャを用いて露光する場合の電子ビームショット数を計算する。このとき、用いるCPアパーチャ上にあるセルについてはCP露光、その他のセルはVSB露光を行なうとして計算する。

【0063】ステップS19によって、ステップS18のショット数の計算を、すべてのCPアパーチャに対して行なう。

【0064】ステップS20において、ステップS18で計算したショット数が最も少なくなるCPアパーチャを選択する。

【0065】ステップS21において、ステップS20で選択したショット数をスループットに換算する。スル